

ROYAUME DU MAROC

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Division de la Mise en Valeur
et du Génie Rural

NOTE SUR L'EXPERIMENTATION
ENTREPRISE SUR LES SOLS SALES
ET ALCALISES DE LA PLAINE
DU ZEBRA (Basse Moulouya)

par

A. RUELLAN

Fev 1961

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER

Mission Pedologique

au Maroc

Laboratoire de Berkane

ROYAUME DU MAROC

Ministère de l'Agriculture

Division de la Mise en Valeur
et du Génie Rural

OFFICE de la RECHERCHE
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE

OUTRE-MER

Mission Pédologique
au Maroc

NOTE SUR L'EXPERIMENTATION
ENTREPRISE SUR LES SOLS SALES ET ALCALISES
DE LA PLAINE DU ZEBRA (Basse Moulouya)

A. RUELLAN

C'est dans le double but :

- d'orienter de façon plus précise l'expérimentation qui doit être entreprise sur les sols salés et alcalisés de la Plaine du Zebra;

- d'adapter, pour l'étude de l'évolution de ces sols, différentes méthodes d'analyse;

que nous avons mis en route, en Février 1960, des essais à la fois sur le terrain et au laboratoire.

Ces essais ne sont pas encore terminés; nous continuons à suivre l'évolution des sols des deux petites parcelles expérimentales, et l'exploitation des nombreux résultats des essais au laboratoire est en cours. Nous croyons cependant qu'il est dès maintenant possible et nécessaire de faire le point, c'est à dire d'indiquer, très succinctement, l'essentiel des résultats déjà obtenus et de préciser comment ces résultats permettent déjà d'orienter l'expérimentation plus générale prévue et d'envisager l'avenir du périmètre. C'est le but de cette note.

...

PREMIERE PARTIE : Expérimentation sur le terrain

C'est en Février 1960, il y a donc très exactement un an, que furent installées sur les terrains collectifs situés au centre du périmètre irrigable de la Plaine du Zebra, deux petites parcelles expérimentales de 100 m² chacune. Ces parcelles furent établies sur l'un des deux types de sols qui doivent être étudiés par l'expérimentation générale prévue (notre note du 22 Février 1960), c'est à dire sur les sols bruns-rouges steppiques à taches sur roche-mère complexe, salés, alcalisés et argileux en profondeur.

Rappelons brièvement les caractères essentiels de ces sols (Tableau n°I, Figure n°I). Ce sont des sols steppiques, rubéfiés en profondeur, à répartition isohumique de la matière organique; calcaires dès la surface, ils présentent des taches calcaires en général nombreuses à partir de 30 cm environ de profondeur. Mais ce sont surtout :

- l'augmentation de la teneur en argile qui peut atteindre 50% et plus;
- l'apparition d'une structure fine très instable
- la présence de sels jusqu'à plus de 5 gr/Kg;
- l'existence d'une forte alcalisation;
- tout ceci en profondeur à partir de 20 à 40 cm;

qui caractérisent ces sols. Et ce sont ces propriétés qui posent des problèmes pour leur mise en valeur; problèmes de dessalage, de désalcalisation, de stabilisation de la structure, de maintien des améliorations obtenues, tout ceci par des méthodes économiquement valables, c'est à dire rapides, peu coûteuses et permettant une rentabilisation immédiate du périmètre.

La petite expérimentation qui fait l'objet de cette note, entreprise avec des moyens matériels très limités, ne pouvait bien entendu prétendre s'attaquer à la

résolution de l'ensemble de ces problèmes. Nous n'avons pu essayer qu'une méthode d'amélioration et il nous a fallu nous contenter de rechercher surtout des résultats plus qualitatifs que quantitatifs :

- le dessalage est-il possible ?

- l'eau de la Moulouya, assez riche en sulfate de calcium, suffit-elle pour diminuer l'alcalisation ?

- une méthode couramment utilisée comme l'épandage de gypse en surface peut-elle donner des résultats quand l'alcalisation est en profondeur ?

- quel est le comportement et l'action sur le sol d'une plante comme la luzerne réputée résistante au sel et améliorante de la structure ?

- risque-t-on vraiment l'imperméabilisation du sous-sol quand on utilise d'assez fortes quantités d'eau nécessaires à la fois pour le dessalage et les besoins d'une plante exigeante comme la luzerne ?

A.- CONDUITE de l'EXPERIMENTATION

I/ Aménagement du sol et culture.

Nous avons donc aménagé, côte à côte, deux parcelles de 5 mètres de large et 20 mètres de long, séparées entre elles par une bande de terre non cultivée de 5 mètres de large.

Dans le double but d'examen approfondi du sol expérimenté et d'observation d'un éraflage possible, des fossés de 1 mètre et 1,50 mètre de profondeur furent creusés sur trois côtés de l'ensemble des deux parcelles. Onze profils de six à neuf échantillons chacun furent décrits et prélevés sur les parois de ces fossés; c'est l'analyse de ces échantillons qui nous a permis d'établir le profil moyen du sol, dont les éléments essentiels sont donnés dans le tableau n°I et la figure n°I.

Le sol fut préparé et grossièrement égalisé à la main. Une fumure de fond de 500 Kg par hectare de superphosphate fut apportée sur les deux parcelles.

En même temps que le superphosphate fut apporté, sur une seule des deux parcelles (parcelle n° I), à raison de 14 tonnes par hectare, du plâtre de la région contenant en moyenne 75 à 80% de sulfate de calcium, Super-

phosphate et plâtre furent enfouis par simple bêchage.

Etant donné que nous avons débuté cette expérimentation en hiver, au cours duquel les gelées matinales sont fréquentes dans la Plaine du Zebra, nous n'avons pas voulu semer immédiatement de la luzerne. C'est de l'orge qui fut semée le 10 Février 1960. Cette orge fut fauchée et enfouie dans le sol le 9 Mai et la luzerne fut alors semée le 23 Mai. Cette luzerne a déjà été fauchée trois fois, les 25 Août, 22 Septembre et 9 Décembre.

2/ Irrigation

L'orge fut irriguée par billon; la luzerne est irriguée par corrugation. Etant donné que c'est par camion-citerne, s'approvisionnant dans le réseau d'irrigation de la Plaine des Triffa, que l'eau est apportée aux parcelles expérimentales, une période de "rodage", que nous aurions voulue plus courte, fut nécessaire; et ce n'est que depuis le 15 Juillet 1960 que nous sommes parvenus à obtenir des irrigations fréquentes et régulières. Nous verrons que ceci influence beaucoup l'évolution des sols, mais également nous fournit des indications supplémentaires précieuses que nous n'avions pas recherchées.

Dans le tableau n°II et la Figure n°2, nous avons résumé à la fois les principales opérations culturales et les irrigations. En gros 500 à 1.000 m³ d'eau par ha et par mois furent apportés de Février à Mai, doses largement suffisantes pour l'orge. Mais en Juin et au début Juillet 1000 à 1500 m³ seulement, par ha. et par mois, furent apportés; il en aurait fallu 2500 m³. Enfin en Août, Septembre et Octobre, 500 m³ par hectare furent apportés par semaine : dose suffisante pour le mois d'Août, excessive pour les mois de Septembre et surtout Octobre. Depuis début Novembre, les parcelles ne reçoivent plus les mêmes quantités d'eau; la parcelle n°I, qui reçut le gypse, est toujours irriguée à raison de 500 M³ par hectare et par semaine, mais la parcelle n°II est divisée en deux : la partie amont n'est plus irriguée et ne le sera plus jusqu'à la fin de l'hiver; la partie aval ne reçoit que 500 m³ par hectare et tous les 14 jours, soit un peu plus que n'en demande la luzerne pendant l'hiver.

L'analyse des eaux d'irrigation fut effectuée régulièrement, surtout depuis le mois de Juillet. L'examen des résultats (Fig. n° 3, 4 et 5) nous amène à faire quelques observations, bien entendu en partie provisoires puisqu'elles ne sont fondées que sur une année de prélèvements :

- la salure de l'eau de la Moulouya varie de 0,5 gr/l (somme des anions et cations dosés), minimum observé en Février 1960, à 1,1 gr/l, maximum observé à la mi-Novembre, et c'est surtout depuis la fin du mois de Juillet que cette salure a augmenté, pour rediminuer très brutalement à la mi-Décembre. La conductivité varie de 775 à 1360 micromhos/cm. Il s'agit donc d'une eau assez salée, au moins pendant 5 mois de l'année, de Juillet à Novembre compris : elle entre dans la classe 3 de la classification Américaine (Riverside) (Classe 1 = conductivité < 250 micromhos = eau peu salée; Classe 2 = conductivité comprise entre 250 et 750 micromhos = eau moyennement salée; Classe 3 = conductivité comprise entre 750 et 2250 micromhos = eau fortement salée; Classe 4 = conductivité > 2250 micromhos = eau très fortement salée). Il en résulte en particulier que d'une part, pour éviter une salinisation progressive du sol, il faut, si on désire cultiver des plantes sensibles aux sels, augmenter les doses d'irrigation (on peut estimer à 20% au minimum, 40% au maximum, la quantité d'eau qui doit drainer après chaque irrigation pour entraîner les sels apportés par l'irrigation précédente); d'autre part, les risques d'augmentation de la salure des nappes phréatiques ne peuvent être négligés.

- Mais si la salure de l'eau de la Moulouya est assez forte et exige une surveillance sérieuse de l'évolution de la solution du sol et des nappes phréatiques, la composition de cette salure est très favorable. En effet, il s'agit d'une salure riche, d'une part en cations alcalino-terreux, en particulier en calcium, d'autre part en sulfate; par contre, elle ne contient, en meq, que 20 à 35% de chlorure de sodium et sa teneur en potassium est toujours très faible. Il s'agit donc d'une eau ne présentant aucun danger pour l'alcalisation soignée des sols (le S.A.R. varie de 1,0 à 2,5, donc toujours très faible); bien au contraire, c'est une eau très favorable pour l'amélioration des sols alcalisés, et on peut estimer qu'une irrigation de 1000 m³ correspond à un amendement de 200 à 500 kg de gypse. C'est un facteur important dont il faut tenir compte pour le choix des méthodes d'amélioration. Cependant, pour son utilisation sur les sols de la Plaine du Zebra, la composition de l'eau de la Moulouya n'est pas parfaite; en effet, elle est riche en magnésium qui constitue toujours, en meq, environ 30% de la totalité des cations. Or il est certain qu'une grande partie de l'alcalisation des sols de la Plaine du Zebra est magnésienne : nous verrons que l'eau de la Moulouya ne pourra pas agir sur cette alcalisation.

3/ Etude de l'évolution des sols.

Etant donnés d'une part la taille réduite des parcelles, d'autre part le peu de moyens, en particulier en personnel, dont nous disposons, il nous a fallu réduire au strict minimum, dans le temps et dans l'espace, les prélèvements d'échantillons nécessaires pour suivre l'évolution des sols. Il en résulte que de nombreux détails de cette évolution nous échappent encore, et qu'il nous faut être très prudents dans l'interprétation des résultats d'analyse : on ne tient jamais assez compte de l'hétérogénéité du sol, hétérogénéité qui ressort d'autant plus que l'on désire être précis et détaillé dans son étude, hétérogénéité dont il est nécessaire de réduire l'influence par la multiplication des observations permettant alors des études statistiques.

C'est l'évolution de l'humidité, de la salure, de l'alcalisation et de la perméabilité qui nous a essentiellement intéressés au cours de cette première année d'expérimentation. Nous avons cependant également suivi l'évolution de la matière organique, et au terme de cette première année de culture irriguée, nous venons d'effectuer une étude détaillée du profil actuel du sol avec prélèvements de nombreux échantillons; nous ne pourrons, bien entendu, faire état de l'ensemble de cette dernière étude dont nous n'avons encore que peu de résultats analytiques, si ce n'est en ce qui concerne les observations faites sur le terrain, en particulier pour la structure.

Précisons en quelques mots les méthodes d'analyses que nous utilisons :

- Humidité : étuve à 105°; exprimée en % de terre sèche.
- Salure :
 - : résistivité de l'extrait aqueux (rapport terre / eau = 1/5);
 - analyse ionique de cet extrait (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ ; Cl^- , SO_4^{--} , CO_3^{--} , CO_3H^-);
 - : conductivité de l'extrait saturé (rapport terre / eau correspondant approximativement à la limite de liquidité d'Atterberg);
 - analyse ionique de cet extrait.

- Alcalisation : pH de la terre dans l'eau distillée rebouillie (rapport terre/eau = 1/2,5);

pH de la terre dans une solution normale de chlorure de potassium (rapport terre/solution = 1/2,5);

pH de la terre saturée (cette analyse n'est effectuée que depuis peu);

Extraction des bases échangeables par l'acétate d'ammonium normal tamponné à pH 8,5.

- Matière organique : méthode à froid de Walkley et Black.

- Perméabilité sur le terrain: méthode Porchet simplifiée; trou à la tarière de 50 cm de profondeur environ, diamètre de 11 cm; le trou est rempli d'eau trois fois de suite et on suit à chaque fois la baisse du plan d'eau pendant 20 minutes.

Pour l'établissement du profil moyen du sol (Tableau n°I, Figure n°I), nous avons en outre effectué les analyses suivantes :

- Granulométrie : densimétrie.
- Capacité de rétention : centrifugation.
- Stabilité structurale : détermination de l'indice d'instabilité d'Hénin (cette analyse sera également effectuée sur les échantillons prélevés récemment).
- Calcaire total : calcimètre Bernard.

...

B.- Résultats obtenus

Quelques mots d'abord sur le comportement des cultures.

En ce qui concerne l'orge, il n'y a rien de spécial à signaler; le semis leva parfaitement et la maturation commençait quand elle fut fauchée et enfouie au début du mois de Mai. Par contre, si la levée de la luzerne fut également normale, il est certain que la plante souffrit pendant assez longtemps, surtout sur la parcelle n° I. Irrigation insuffisante, forte accumulation de sels en surface, surtout sur la parcelle n° I, et violente attaque de Négril en sont les causes. L'augmentation des irrigations depuis la mi-Juillet, une première coupe le 25 Août et un traitement au parathion suffirent pour qu'elle reprenne un développement normal. Actuellement, malgré l'hiver, elle est très belle sur les deux parcelles.

Voyons maintenant quelle fut l'évolution de quelques caractères essentiels du sol au cours de cette première année de culture irriguée.

I/ L'humidité

La figure n°6 représente l'évolution de l'humidité à cinq profondeurs différentes.

Pour pouvoir suivre avec précision cette évolution il aurait été nécessaire de toujours faire les prélèvements un nombre de jours donnés après la dernière irrigation. Ceci n'a malheureusement pas été possible jusqu'en Octobre. Aussi avons-nous indiqué sur une des courbes le temps qui sépara les prélèvements de l'irrigation qui les précéda. D'autre part, nous avons également reporté sur la Fig. n°6, à titre indicatif, la pluviométrie 1960 de la Station Expérimentale d'Hydraulique Agricole de Bougriba; en effet, nous n'avons pas encore de résultats vraiment valables sur la pluviométrie de la Plaine du Zebra elle-même, un pluviomètre enregistreur n'ayant été installé que depuis peu. Il est certain que cette pluviométrie est plus faible; mais nous ne pensons pas que la différence soit très grande, et nous avons pu constater que les jours de pluies sont presque toujours les mêmes à Bougriba et sur la Plaine du Zebra.

Si pour les deux horizons profonds, l'augmentation de l'humidité fut progressive et sans anomalies notoires (en dehors des fortes humidités des pré-

lèvements du 10 Novembre, dues à la pluie qui tomba deux jours avant), il n'en est pas de même pour l'horizon 20-35 cm dont la courbe fait nettement ressortir le déficit en eau des mois d'Avril à Juillet, ceci malgré les pluies de printemps et malgré des irrigations que nous estimions suffisantes pour l'orge en Avril et Mai; nous avons sous-estimé l'importance de l'évaporation dans la Plaine du Zebra, plaine intérieure très ventilée. Ce déficit s'est plus tard légèrement répercuté en profondeur, ceci sous luzerne que nous n'avons pas pu irriguer correctement avant la mi-Juillet. La capacité de rétention de tous les horizons étant de 25% environ (capacité de rétention faible étant donnée la richesse en argile des horizons de profondeur; elle est même souvent plus forte en surface qu'en profondeur, la matière organique ne suffisant pas pour expliquer ce phénomène; voir à ce sujet notre rapport général d'Octobre 1959, pages 71 à 76), on peut estimer à 14% le point de flétrissement permanent : nous n'en étions pas loin début Juillet. Mais la pente fut rapidement remontée pendant l'été et surtout, probablement, au début de l'automne, et il ressort bien qu'actuellement la parcelle n° I reçoit nettement trop d'eau, l'humidité étant encore, dans les trois horizons supérieurs, très voisine de la capacité de rétention, ceci six jours après une irrigation, soit la veille de l'irrigation suivante. L'irrigation est peut-être même encore un peu trop forte sur la parcelle n° II aval irriguée à 500 m³ tous les 14 jours. Par contre, la parcelle n° II amont, qui n'est plus irriguée depuis début Décembre, accuse normalement une baisse très nette de l'humidité, sensible à toutes les profondeurs et sensible également sur la luzerne qui végète nettement moins bien.

Mais la constatation la plus importante qu'il nous faut faire est celle qui ressort de l'observation des profils hydriques de la figure n° 7. Cette constatation est la suivante : malgré les doses excessives qui sont appliquées à la parcelle n° I depuis début Octobre, doses de plus de 2.000 m³ par hectare et par mois alors que l'on peut estimer à 800 m³ par hectare et par mois les besoins de la luzerne pendant la saison des pluies, doses qui maintiennent en permanence l'humidité au-dessus d'un minimum très proche de la capacité de rétention, ceci sur au moins 60 cm d'épaisseur de sol; malgré donc cet apport massif d'eau, il ne s'est produit jusqu'à présent aucun engorgement que l'on aurait pu craindre étant donné l'instabilité structurale du sous-sol argileux qui commence vers 30 cm : toute l'eau apportée en excès draine, ceci malgré la baisse sensible de la salure du sol dont nous allons maintenant parler, malgré le maintien de l'alcalisation, malgré la faible salure de l'eau de la Moulouya depuis la mi-Décembre. Reste à sa-

voir si l'engorgement ne se produit pas plus en profondeur, mais nous ne le pensons pas; reste à savoir aussi si les fossés qui entourent les parcelles ne facilitent pas grandement le drainage; nous ne les avons cependant jamais vus drainer; il ne faut pas oublier enfin que toute notre expérimentation est certainement favorisée par la taille réduite des parcelles au milieu d'une zone non irriguée.

2/ La Salure

L'observation des courbes des figures n°8 et 9, représentant l'évolution des salures, à différentes profondeurs, des extraits aqueux et des extraits saturés, nous amène à faire les constatations suivantes :

- Depuis la fin de l'été, la salure a très nettement diminué dans les horizons de profondeur. N'ayant pu faire de prélèvements au cours des mois de Septembre et Octobre, nous ne savons pas exactement à quelle époque s'est produit le dessalage; mais nous pouvons supposer que c'est au début de l'automne, quand les besoins en eau de la luzerne furent largement dépassés, que le phénomène a eu lieu.

- Il s'est produit au début de notre expérimentation une très forte accumulation de sels dans l'horizon de surface, accumulation normalement plus importante dans la parcelle n°I qui reçut le plâtre. Cependant, il ne s'agit pas là d'une remontée des sels des horizons de profondeur, mais tout simplement d'une concentration en surface, par légère remontée capillaire et évaporation, des sels apportés par l'eau d'irrigation. En effet les bilans ioniques des extraits aqueux et saturés montrent que ce sont surtout des sulfates qui s'accumulèrent, les rapports $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{--}$, en meq, étant très voisins de ceux de l'eau de la Moulouya, c'est à dire faibles alors qu'ils étaient très forts avant l'irrigation. La richesse en sulfate est d'autre part mise en évidence par la faiblesse relative de la conductivité de l'extrait saturé entraînant une forte différence entre les salures trouvées par les deux méthodes, extrait saturé et extrait aqueux (pour la parcelle n°II, par exemple, si le 11 Avril 1960 l'extrait aqueux donnait des salures de 4,70 et 3,90 gr/kg, l'extrait saturé ne donnait respectivement que 1,95 et 1,60 gr/kg) : ceci est du à la faible solubilité du sulfate de calcium.

C'est à la faiblesse des irrigations sur une culture comme l'orge, dont les besoins en eau étaient satisfaits, mais qui couvre très mal le sol, ceci

dans une région où l'évaporation est très forte, qu'il faut attribuer cette concentration des sels en surface. Dès que la luzerne fut suffisamment développée pour fortement diminuer toute évaporation directe, la salure de surface baissa rapidement (sans cependant retomber aussi bas qu'avant l'irrigation, une évaporation directe existant toujours), ceci bien que les besoins en eau de la luzerne n'aient pas été satisfaits; mais c'est alors probablement au niveau des racines, vers 10-15 cm de profondeur que se produisit l'accumulation des sels, conséquence de l'évapotranspiration; nous n'avons malheureusement pas fait à cette époque de prélèvements à cette profondeur (nous les faisons systématiquement depuis le mois de Novembre seulement). Notons cependant qu'une légère accumulation est visible début Août dans l'horizon 20-35 cm; cette accumulation est riche en sulfates. De toutes façons l'augmentation des irrigations arrêta rapidement toute accumulation.

- Si, la salure ayant très nettement diminué en profondeur, le sol est devenu "isosalin" (à peu près même salure à tous les niveaux), on ne peut cependant pas dire qu'il est complètement dessalé, c'est à dire qu'il est dès maintenant possible d'y entreprendre toutes les cultures avec des rendements intéressants. La conductivité de l'extrait saturé reste presque toujours supérieure à deux et est souvent voisine de quatre en surface et en profondeur; et surtout, la salure de l'extrait aqueux, qui tient mieux compte de la richesse en sulfate, si elle se situe en général aux environs de 1,5 gr/kg, oscille en réalité entre 1 gr et 3 gr/kg, les plus fortes teneurs intéressant l'horizon de surface et l'horizon 75-90 cm. Pouvons-nous espérer que cette salure diminuera encore ? Nous en reparlerons plus loin; notons seulement qu'il peut sembler anormal, étant données les quantités d'eau qui sont utilisées, que cette salure ne soit pas actuellement plus faible, d'autant plus que l'eau de la Moulouya est peu salée depuis la mi-Décembre. Nous attribuons ceci à une forte baisse de perméabilité dont nous parlerons plus loin : l'eau draine mais lentement.

- Notons enfin que si les rapports Cl^-/SO_4^{--} en meq des extraits aqueux et saturés avaient, dès le mois d'Avril, nettement diminués dans l'horizon de surface et l'horizon 20-35 cm, passant d'une valeur infinie (pas de sulfate) à des valeurs oscillant entre 0,2 et 1,0 mais le plus souvent inférieures à 0,5, et si au mois d'Août ces rapports commençaient à diminuer dans l'horizon 48-60 cm (nous ne possédons pas encore les résultats pour les prélèvements faits depuis le mois de Novembre), il n'en était pas exactement de même pour les

rapports $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ en meq. Dans l'horizon de surface, ces rapports étaient très rapidement passés de 1,5 environ à 0,6 environ; dans l'horizon 20-35 cm une légère diminution semblait s'amorcer en Août; mais pour l'horizon 48-60 cm c'est le contraire qui s'était très nettement produit dès le début du mois de Juillet, les rapports $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ étant passés de 5 environ à 10-15 environ; enfin dans l'horizon 75-90 cm, aucune modification ne semblait s'être encore produite au mois d'Août, les rapports $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ oscillant, comme avant irrigation, autour d'une moyenne de 5 environ. Nous allons voir que ces résultats sont très importants : ils confirment les conclusions auxquelles nous sommes arrivés, par l'étude du pH, sur l'évolution de l'alcalisation sodique.

3/ L'Alcalisation

Pour étudier l'alcalisation des sols de la Plaine du Zebra, nous manquons toujours de méthodes précises. Depuis plus d'un an et demi, en collaboration avec Monsieur KEHREN, Directeur du laboratoire O.R. S.T.O.M. du C.R.E.G.R. à RABAT, qui nous fait toutes les analyses des extraits de sols, nous cherchons une méthode simple et rapide d'évaluation de l'alcalisation, méthode qui soit plus fidèle que la simple mesure des pH, et qui rende compte de l'alcalisation magnésienne. Il semble que nous soyons sur le point d'aboutir à quelques résultats intéressants; en particulier l'étude des rapports $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ des extraits aqueux et saturés paraît valable pour l'alcalisation sodique, et l'extraction à l'acétate d'ammonium paraît rendre compte assez bien de l'alcalisation magnésienne. Mais pour l'instant il nous faut encore être prudents et nous fonder surtout sur les pH dont nous avons d'ailleurs réussi à améliorer la fidélité.

L'observation des courbes de la figure n°10, nous impose une première constatation très importante : en dehors d'un pH eau plus faible de l'horizon de surface de la parcelle n°I, ceci uniquement jusqu'à la fin du mois de Juillet, pH eau plus faible qui doit être attribué à une salure plus forte et non pas à une alcalisation plus faible, les pH KCL étant semblables; en dehors donc de cette différence, la parcelle n°I qui reçut 14 tonnes par hectare de plâtre épandu en surface et légèrement enfoui, et la parcelle n°II qui n'a rien reçu, se comportent depuis le début, en ce qui concerne les pH, exactement de la même façon. L'épandage de plâtre en surface semble donc être un échec : il n'a eu, jusqu'à maintenant, aucune action sur l'alcalisation des horizons de profondeur. Pourquoi cet échec ? et bien les dosages de sulfate des extraits aqueux nous fournissent la réponse :

au moins d'Août on pouvait estimer que la presque totalité du gypse apporté se trouvait encore dans les 35 premiers cm de sol; le gypse, peu soluble, n'est donc entraîné que très lentement en profondeur.

Etudions maintenant l'évolution des pH horizon par horizon :

- L'horizon de surface est d'abord caractérisé par la chute brutale des pH eau qui s'est produite au début de notre expérimentation. Mais cette baisse n'est due qu'à l'accumulation de sels dont nous avons parlé; au fur et à mesure de la disparition de ces sels, les pH eau sont remontés et actuellement ils sont à peu près ce qu'ils étaient au départ, un peu plus faibles cependant, les salures étant, comme nous l'avons vu, un peu plus fortes. La constance remarquable des pH KCL prouve bien que les variations des pH eau ne sont que la conséquence des variations des salures : le complexe adsorbant, qui n'était pas alcalisé, n'a pas été modifié.

- L'horizon 20-35 était légèrement alcalisé au départ : les pH eau pouvaient atteindre 9,0 et les pH KCL oscillaient entre 7,7 et 7,9. Actuellement les pH eau sont descendus à 8,6 - 8,8 et les pH KCL à 7,6 - 7,7 : on ne peut plus parler d'alcalisation.

- L'horizon 48-60 cm était franchement alcalisé au départ : les pH eau étaient faibles à cause de la salure, mais les pH KCL oscillaient entre 7,9 et 8,1. Actuellement cet horizon est encore alcalisé sur les deux parcelles : les pH eau, les sels ayant disparus, varient entre 8,8 et 9,0, et les pH KCL atteignent encore 7,8. Cependant il est certain que la désalcalisation est commencée et même presque terminée : les pentes des deux courbes de pH KCL sont nettement descendantes.

- Enfin pour l'horizon 75-90 cm, également fortement alcalisé au départ, si les pH KCL, qui oscillent actuellement entre 7,8 et 7,9, semblent indiquer qu'une certaine désalcalisation est amorcée, les pH eau qui eux varient entre 9,1 et 9,4 montrent clairement que cette désalcalisation est loin d'être terminée.

Donc, aussi bien sur la parcelle n°I que sur la parcelle n°II la désalcalisation des horizons de profondeur semble franchement amorcée, du moins en ce qui concerne le sodium. Ces résultats peuvent être confirmés par les rapports $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$, en meq, des extraits aqueux et saturés, dont nous avons déjà parlé. En effet, c'est par la modification de la composition de la solution du sol, provoquée dans notre expérimentation uniquement par l'utilisation de l'eau de la Moulouya dont nous connais-

sons la composition favorable, que peut se transformer le complexe adsorbant en équilibre avec elle. Nous avons dit que c'est en Août que dans l'horizon 20-35 cm les rapports $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ ont commencé à diminuer: c'est en effet à cette époque que s'est amorcée la baisse des pH de cet horizon. Et si, en même temps, il s'est produit une forte et très nette augmentation de ces rapports dans l'horizon 48-60 cm, c'est justement parce que les horizons situés au-dessus se désalcalisaient, les eaux de percolation s'enrichissant en sodium et s'appauvrissant en calcium. Et ce n'est que lorsque la désalcalisation des horizons supérieurs fut bien entamée qu'a pu débuter, par appauvrissement en sodium de la solution du sol, la désalcalisation de l'horizon 48-60 cm: c'est, en effet, d'après les pH, entre le mois d'Août et le mois de Novembre qu'a commencé cette désalcalisation. Les rapports $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ des horizons sous-jacents ont du alors augmenter pour rediminuer un peu plus tard. Enfin tout ceci, nous le répétons, ne peut être attribué qu'à l'action de l'eau de la Moulouya: on peut estimer à 6 tonnes par hectare la quantité de gypse qui fut déjà apportée par les irrigations, 6 tonnes qui, dissoutes dans l'eau, ont pu pénétrer profondément sans difficulté; or nous pensons que 10 à 15 tonnes de gypse à l'hectare seront nécessaires pour désalcaliser jusqu'à un mètre de profondeur.

Mais si la désalcalisation sodique est bien entamée, il n'en est pas de même pour l'alcalisation magnésienne, à notre avis en grande partie responsable de l'instabilité structurale des horizons de profondeur, et qu'il faut donc également faire disparaître. Il semble en effet, d'après les résultats des bilans ioniques (extrait saturé, extrait aqueux, extrait à l'acétate d'ammonium) que, jusqu'en Août 1960, la proportion de magnésium sur le complexe adsorbant du sol ne se soit absolument pas modifiée, sauf peut-être dans l'horizon 0-5 cm où une grande quantité de calcium s'était accumulée. Ce résultat ne nous étonne guère étant donnée la richesse en magnésium de l'eau de la Moulouya qui ne suffira donc pas pour l'amélioration du sous-sol.

4/ La Perméabilité

Avant irrigation, la perméabilité de l'horizon 0-60 cm était d'environ $10 \cdot 10^{-6}$ mètres par seconde, alors que la perméabilité de l'horizon 60-130 cm n'était que de $4,3 \cdot 10^{-6}$ m/s. La perméabilité était donc moyenne dans les horizons de surface, mais faible dans le sous-sol,

Le 25 Avril 1960, donc deux mois et demi après le début des irrigations, nous avons refait des perméabilités sur l'horizon 0-55 cm, sur les deux parcelles. Nous avons alors obtenu des chiffres de 12,8 et 14,4 . 10^{-6} m/s. La perméabilité semblait donc en légère augmentation.

Mais le 9 Février 1961, donc très récemment, nous avons effectué une 3^e série de mesures, en surface et en profondeur, sur les deux parcelles. Nous avons alors obtenu les résultats suivants :

- Parcelle n° I : 0-50 cm = 3,3 . 10^{-6} m/s
 45-100cm = 2,9 . 10^{-6} m/s
- Parcelle n°II : 0-50 cm = 7,4 . 10^{-6} m/s
 aval 45-100cm = 3,6 . 10^{-6} m/s

Il s'est donc produit :

1°.- une très forte baisse de perméabilité dans les horizons de surface de la parcelle n°I, qui, rappelons-le, est irriguée depuis le mois d'Octobre à raison de 500 m³ par hectare et par semaine;

2°.- une baisse de perméabilité nettement moins forte dans la parcelle n°II aval qui a reçu deux fois moins d'eau que la parcelle n°I depuis le mois d'Octobre;

3°.- une baisse, faible mais sensible, de la perméabilité des horizons de profondeur, baisse plus accentuée dans la parcelle n°I que dans la parcelle n°II aval.

5/ La Structure

Nous noterons seulement à ce sujet :

- que le glaçage de surface, très important sous orge irriguée, l'est beaucoup moins sous la luzerne;

- que, d'après des observations faites très récemment, la luzerne n'a encore que très peu agi sur la structure des horizons de surface; cette structure est toujours polyédrique à nuciforme; elle est cependant un peu plus fine et un peu plus nuciforme.

Des échantillons furent prélevés récemment pour étudier l'évolution de la stabilité structurale; nous n'avons pas encore les résultats.

6/ La Matière Organique

Des analyses faites avant irrigation, puis en Juillet 1960, Novembre 1960 et Février 1961, montrent qu'il n'y a eu jusqu'à maintenant aucune modification des taux en matière organique. Il y en a toujours 1,60 à 1,80% en surface, 1,20 à 1,50% à 10-15 cm de profondeur et 0,70 à 0,90% dans l'horizon 20-35 cm. L'enfouissement de l'orge au mois de Mai 1960 n'a donc pas marqué si ce n'est en maintenant le taux de matière organique.

Résumons brièvement l'essentiel des résultats obtenus; faisons, en quelque sorte, le point de la situation :

1°.- La luzerne végète magnifiquement bien sur les deux parcelles actuellement irriguées; elle se maintient correctement sur la parcelle non irriguée.

2°.- Malgré les doses excessives d'eau appliquées à la parcelle n°I, il ne s'est pas encore produit d'engorgement, d'imperméabilisation totale du sous-sol : le drainage s'effectue correctement. Cependant ce drainage est lent : il s'est en effet déjà produit une forte baisse de la perméabilité, sensible également sur la parcelle n°II aval irriguée avec moitié moins d'eau. L'engorgement n'est donc peut-être pas loin.

3°.- La salure a fortement diminué dans les horizons de profondeur : c'est à ce dessalage qu'il faut attribuer, ainsi qu'à l'humidité et au maintien d'une certaine alcalisation sodique et surtout de l'alcalisation magnésienne, les modifications de perméabilité. Cependant, le dessalage n'est pas total, ceci malgré les grosses quantités d'eau apportées depuis le mois d'Octobre : une certaine salure, probablement riche en sulfate de calcium, se maintient. Nous pensons que c'est la faiblesse du drainage qui maintient cette salure, mais il est probable également que c'est cette salure qui maintient encore un certain drainage en masquant les effets de l'alcalisation sodique mais surtout magnésienne. Enfin rappelons la forte accumulation de sels qui s'est produite sous culture d'orge.

4°.- La désalcalisation sodique du sous-sol semble avoir sérieusement commencé. Mais cette désalcalisation n'est due qu'à l'action de l'eau de la Moulouya; le gypse épandu en surface de la parcelle n°I, n'a donné jusqu'à maintenant aucun résultat, la presque totalité de ce gypse se trouvant encore dans les 35 premiers cm du sol. Par contre la désalcalisation magnésienne ne s'est pas amorcée, l'eau de la Moulouya étant trop riche en magnésium.

5°.- La structure des horizons de surface ne s'est que très peu modifiée.

6°.- Les taux de matière organique ne se sont pas modifiés.

Nous avons donc obtenu, au terme de cette première année d'irrigation, un certain nombre de résultats assez encourageants, qui nous autorisent, quant à l'avenir, à un certain optimisme.

Cependant, nous aurions tort de croire que tous les problèmes sont résolus.

N'oublions pas, en premier lieu, qu'il n'y a justement qu'un an que nous irrigons, une année au cours de laquelle la perméabilité a quand même sensiblement baissée, non seulement sur la parcelle n°I irriguée trop fortement sans résultats valables sur la salure et l'alcalisation, mais également sur la parcelle n°II irriguée avec des quantités d'eau raisonnables nécessaires à la luzerne et au maintien d'une salure faible. Cette perméabilité va-t-elle continuer à baisser, ou sommes-nous arrivés à un certain équilibre : équilibre entre la perméabilité et la salure permettant, étant donnée la richesse en calcium de cette salure, la désalcalisation sodique du complexe adsorbant. C'est l'avenir qui nous renseignera; rappelons cependant que la désalcalisation magnésienne n'accompagne pas la désalcalisation sodique; qu'au contraire il est probable, ceci d'après des essais entrepris au laboratoire, qu'elle augmente, le sodium désorbé étant remplacé non seulement par du calcium mais également par du magnésium. Il ne faut donc pas s'attendre, même si la désalcalisation sodique se poursuit jusqu'à son terme, à voir la perméabilité réaugmenter, ce qui entraînerait une reprise du dessalage. On peut au contraire supposer que, sous l'action de l'humidité, l'alcalisation magnésienne fera de plus en plus sentir ses effets : la perméabilité du sous-sol continuera à diminuer.

N'oublions pas, en deuxième lieu, la taille réduite des parcelles, facteur certainement favorable au drainage.

Enfin n'oublions pas que nous avons travaillé avec la plante qui nous permettait certainement d'obtenir les meilleurs résultats possibles; or on ne pourra pas faire que de la luzerne sur l'ensemble des sols salés, qui couvrent une très grande surface de la Plaine du Zebra, cela même pendant la seule période d'amélioration des sols.

Comment devons-nous alors, étant donnés les résultats obtenus et les problèmes non résolus, orienter l'expérimentation plus générale qui doit être entreprise prochainement.

A la suite de notre note du 22 Février 1960 et de la réunion qui eut lieu le 1er Avril 1960 au C.R.E.G.R. sous la présidence de son Directeur, les essais suivants avaient été prévus sur deux types de sols :

- submersion (3000 à 5000 m³ par hectare), avec et sans épandage de 10 tonnes par hectare de gypse en surface, suivie d'une luzerne irriguée par calant ou billons;

- irrigation par billons, sans submersion préalable, sur luzerne et orge :

- sans amendements

- avec apport de 10 tonnes par hectare de gypse à 50 cm de profondeur

- avec incorporation de gypse dans l'eau d'irrigation;

- irrigation par aspersion dans les mêmes conditions que l'irrigation par billons.

Des expérimentations sur zone nivellée et sur sols non salés de bas-fond avaient été également prévues.

Que faut-il modifier dans ces premières prévisions ?

En premier lieu, il est évident qu'il est inutile de maintenir les essais avec apport de gypse en surface ou en profondeur. Nous avons vu qu'au bout d'une année, ce gypse, épandu en surface, n'avait pas encore pu agir sur les horizons de profondeur; apporté en profondeur, il est probable qu'il n'aura une action efficace que sur une faible épaisseur de sous-sol.

Par contre, il est indispensable de maintenir les essais avec dissolution de gypse dans l'eau d'irrigation. Nous pensons en effet que c'est par cette méthode que nous obtiendrons le plus rapidement les meilleurs résultats possibles. L'eau de la Moulouya enrichie en gypse aura pour premier effet, en maintenant la salure à un niveau légèrement plus élevé, d'empêcher une diminution trop forte de la perméabilité : on pourra alors irriguer sans danger avec d'assez fortes doses ce qui permettra d'accélérer la désalcalisation. D'autre part, et c'est le point le plus important, c'est probablement par cette seule méthode que l'on pourra entreprendre la désalcalisation magnésienne qui est indispensable. Reste à savoir quelle quantité de gypse doit être apportée. Deux points sont à considérer : d'abord il ne faut pas que l'eau soit trop salée, pour ne pas gêner les plantes; ensuite il ne faut pas que cela revienne trop cher : trop cher en gypse mais aussi trop cher en eau, les doses d'irrigation devant être d'autant plus fortes que les eaux sont plus salées. Nous pensons que des apports variables en fonction de la salure approximative de l'eau de la Moulouya seraient la meilleure solution; apports qui maintiendraient l'eau à une salure voisine de 1 gr/litre, un peu plus pendant les mois d'automne au cours desquels, si nous nous en référons aux résultats de cette année, la salure naturelle de l'eau de la Moulouya est plus forte et contient une proportion plus importante de sodium et magnésium. Ceci conduirait, par exemple, à irriguer une luzernière avec environ 22.000 m³ par hectare et par an dans lesquels on aurait dissous 7000 kg de gypse; soit un coût, pour le gypse, d'environ 700 Dirhams en supposant que deux années seront nécessaires pour accomplir l'amélioration. C'est un coût maximum pour une plante exigeante en eau.

En ce qui concerne les méthodes d'irrigation, nous pensons qu'il est nécessaire de maintenir ce qui avait été proposé :

- submersion avec et sans apport d'une dose importante de gypse dans l'eau, suivie d'une irrigation par calant ou billons avec et sans apport de gypse dans l'eau; la submersion permettra peut-être de gagner beaucoup de temps;

- billon ou corrugation avec et sans apport de gypse dans l'eau;

- aspersion, avec et sans apport de gypse dans l'eau, méthode qui entraînera probablement une diminution moins rapide et moins forte de la perméabilité, d'où un dessalage et une transformation de la solution du sol plus rapide, permettant à la désalcalisation de commencer plus tôt.

Des modifications sont par contre à apporter pour les cultures. Comme nous l'avons déjà dit, il ne sera pas possible, d'un point de vue économique, de n'utiliser que la luzerne pendant la période d'amélioration des sols. D'autres plantes doivent donc être étudiées. En plus de l'orge, déjà proposée, nous pensons en particulier au coton et à la betterave, plantes industrielles qui peuvent assurer un avenir intéressant au périmètre de la Plaine du Zebra. L'accumulation des sels en surface, que nous avons pu constater sous culture d'orge, devra alors être suivie de près, toutes ces plantes assurant une moins bonne couverture du sol. L'utilisation d'un mélange luzerne-graminée qui serait plus efficace pour améliorer la structure du sol, serait également intéressante à étudier.

Le facteur doses d'irrigation, qui avait été négligé dans le premier projet d'expérimentation, doit à notre avis être étudié. Deux doses pourraient être essayées pour chaque plante : une dose calculée le plus exactement possible d'après les propriétés du sol, les conditions climatiques et les besoins de la plante, majorée de ce qu'il faut pour empêcher l'accumulation des sels; une dose plus forte qui permettra peut-être une amélioration nettement plus rapide.

Enfin, il serait intéressant d'étudier l'intérêt certain d'apports de matière organique, sous forme de fumier ou d'engrais vert. Ces apports, en plus de leur action sur la structure du sol et sur la vie du sol, permettraient, très probablement, d'accélérer la désalcalisation.

Les essais sur zone nivellée et sols de bas-fonds non salés sont à maintenir.

DEUXIEME PARTIE : Expérimentation au Laboratoire

Mettre au point des méthodes d'analyse qui nous permettront de suivre plus facilement l'évolution des sols de la Station expérimentale puis de l'ensemble du périmètre; préciser certaines observations faites sur les deux parcelles déjà irriguées; étudier d'une façon plus précise les possibilités de différentes méthodes d'amélioration; détailler l'action de l'eau de la Moulouya sur les sols et sous-sols de la Plaine du Zebra; tels sont les buts essentiels que nous nous sommes fixés en entreprenant il y a un an, et surtout depuis le mois de Juillet 1960, une série d'essais au laboratoire.

La plupart de ces essais ne sont pas encore terminés ou sont en cours d'exploitation. Nous ne pouvons donc pas, dans le cadre de cette note, en donner de nombreuses précisions; nous nous contenterons d'en citer les principaux et de donner, quand cela est possible, quelques résultats très partiels.

I/ Bilans ioniques : sur plus de 200 échantillons prélevés dans les différents types de sols de la Plaine du Zebra, à différentes profondeurs, les bilans ioniques complets furent effectués (analyses de l'extrait saturé, de l'extrait aqueux et de l'extrait à l'acétate). L'exploitation statistique des résultats que nous essayons de relier à d'autres caractères du sol tels, essentiellement, les pH, les stabilités structurales, la richesse en calcaire, la granulométrie, est en cours. Ces bilans ioniques nous ont cependant déjà permis :

- d'améliorer la précision de la mesure des pH;
- d'améliorer la méthode elle-même des bilans ioniques, en particulier en ce qui concerne l'extraction à l'acétate d'ammonium qui exige une agitation préalable;

- de nous rendre compte de l'importance de l'alcalisation magnésienne et de son action sur la structure;
- d'établir une relation intéressante entre les pH, les salures et la composition de ces salures en particulier en sodium et calcium;
- de nous rendre compte que les problèmes n'étaient pas toujours les mêmes sur les différents types de sols.

2/ Essais de percolation sur tubes :

dans des tubes en verre de 6 cm de diamètre et 30 cm de hauteur, des échantillons broyés ou non broyés prélevés dans des horizons salés et alcalisés, et des profils complets de sols, identiques à ceux des parcelles expérimentales, reconstitués à l'échelle la plus exactement possible avec de la terre broyée ou non, furent percolés soit par de l'eau distillée (témoin), soit par de l'eau gypseuse à 1 gr/litre, soit par de l'eau de la Moulouya prélevée en Juillet. Les percolats furent recueillis et analysés; la salure et les pH de la terre après percolation furent étudiés à différentes profondeurs du tube.

L'exploitation des résultats nous a déjà permis d'arriver aux conclusions suivantes qui confirment certains résultats obtenus sur le terrain :

- le dessalage s'effectue facilement avec l'eau de la Moulouya;

- par contre, avec 1100 cc d'eau, apportés par fractions de 100 cc et contenant 0,7 gr/litre de sels dont 0,37 gr, soit plus de la moitié, en sulfate de calcium, le magnésium ne représentant en meq que 24% du total des cations et le sodium 28%; 1100 cc correspondant approximativement, étant donnée la surface du tube, à une irrigation de 4500 m³ par hectare, sans évaporation; nous n'avons pas obtenu la désalcalisation de la terre située en profondeur. Avec l'eau gypseuse, la désalcalisation, sans être totale, fut bien meilleure;

- l'analyse des eaux de percolation met très nettement en évidence que l'eau de la Moulouya ne désorbe pas le magnésium du complexe adsorbant. Bien au contraire, le sodium désorbé est en partie remplacé par le magnésium apporté par l'eau de la Moulouya qui n'en contenait pourtant pas énormément.

3/ Essais de percolation sur filtre :

des échantillons de 50 gr de terre salée et alcalisée furent percolés par des doses croissantes d'eau distillée (témoin), d'eau gypseuse (0,5 et 1 gr/litre), d'eau de la Moulouya prélevée en Juillet (0,7 gr/litre) et d'eau de la Moulouya enrichie en gypse (0,5 et 1 gr/litre). Le complexe adsorbant fut ensuite analysé par extraction au chlorure d'ammonium. Ces essais permirent, en particulier, de vérifier l'action favorable sur la désalcalisation magnésienne d'un apport de gypse dans l'eau de la Moulouya.

D'autres essais de percolation sur filtre par diverses solutions furent entrepris récemment. Nous ne pouvons en parler, les analyses n'étant pas terminées.

Enfin, des extractions d'argile, des analyses des diverses fractions granulométriques, des études sur la stabilité structurale, des mesures de capacité d'échange, des essais pour l'interprétation des capacités de rétention anormales, sont en cours.

En guise de conclusion de cette note, nous voudrions seulement insister sur l'urgence qu'il y a de lancer l'expérimentation générale prévue. Les deux petites parcelles expérimentales, les essais entrepris au laboratoire, nous ont déjà fourni une somme de renseignements dépassant largement nos espoirs. Mais nous ne saurions trop insister sur les conditions dans lesquelles nous avons travaillé, en particulier sur le terrain, conditions qui nous ont sans cesse limités; elles nous ont limités dans la taille des parcelles, elles nous ont limités dans le nombre de prélèvements et d'observations, elles nous ont limités dans le nombre d'analyses. Les résultats que nous fournissons dans ce rapport doivent donc être vérifiés et complétés. Il est urgent de le faire si l'on désire ne pas retarder indéfiniment la mise en valeur du périmètre irrigable de la Plaine du Zebra./.

Profondeur cm	Granulométrie					
	Argile 0-2 μ %	Limons 2-20 μ %	Argile + Limons %	Sables Fins 20-200 μ %	Sables Grossiers 0,2-2,0mm %	Terre Fine %
2	24,4	20,6	45,0	46,5	8,5	96,1
8	26,0	28,0	54,0	38,1	7,9	96,9
11	30,0	28,9	58,9	35,0	6,1	96,9
19	32,9	32,2	65,1	29,8	5,1	96,7
26	36,7	29,4	66,1	29,0	4,9	96,4
36	38,7	31,1	69,8	26,8	3,4	97,4
45	42,2	28,3	70,5	26,6	2,9	97,6
56	46,9	31,0	77,9	20,6	1,5	98,7
69	50,7	31,0	81,7	17,5	0,8	99,3
82	48,4	27,7	76,1	21,8	2,1	98,8
96	47,4	28,2	75,6	23,6	0,8	98,8

Profondeur cm	Calcaire total %	Matière Organique %	Salure		pH	
			Extrait Aqueux gr./kg	Extrait Saturé Conductivité mmhos	Eau	KCl
2	19,8	1,68	0,95	1,20	8,80	7,80
8	19,3	1,32	0,88	0,94	8,70	7,80
11	19,8	1,30	0,90	1,10	8,75	7,75
19	20,6	0,84	0,93	1,26	8,75	7,70
26	20,9	0,86	1,07	1,51	8,95	7,80
36	22,3	0,66	2,11	4,66	8,95	7,90
45	23,9	0,49	3,88	8,66	8,70	7,90
56	24,3	0,29	5,22	10,66	8,65	8,00
69	24,6	0,23	5,58	12,01	8,50	7,90
82	26,1	0,16	5,77	12,48	8,55	7,90
96	26,4	0,13	5,78	12,29	8,55	7,90

Tableau n° I .- Principaux résultats
d'analyse du sol des
parcelles expérimentales,
avant irrigation (Moyenne de 11 profils de 6
à 9 échantillons chacun).

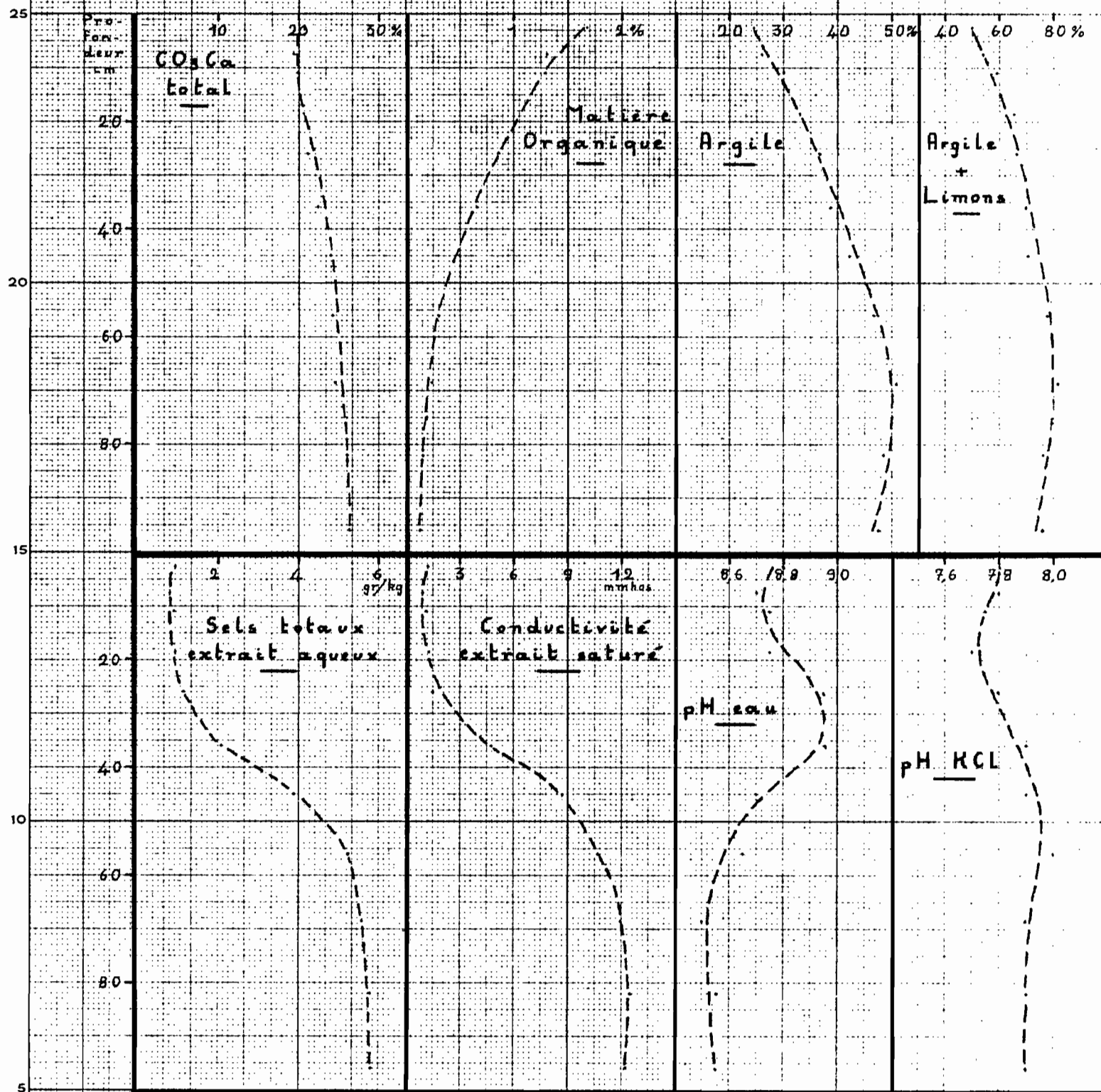


Fig. n° 1 .— Profil analytique du sol des parcelles expérimentales, avant irrigation

Dates	Façons culturales	Irrigations		Prélèv. d'échant
		Parcelles	Doses m³/ha	
1960				
5-2	Parc. I et II: 500 kg/ha de superphosphate. Parc. I: 14 t/ha de plâtre			
8-2		I - II	500	
10-2	Semis orge			
16-2				x
18-2		I - II	500	
26-2				x
2-3		I - II	500	
22-3				x
31-3		I - II	500	
11-4				x
14-4		I - II	500	
25-4				x
9-5	Orge fauchée et enfouie			
17-5		I - II	1000	
23-5	Semis Luzerne			
14-6		I - II	750	
24-6		I - II	500	
4-7		"	"	x
15-7		"	"	
22-7		"	"	
30-7		"	"	
5-8		"	"	
9-8				x
12-8		I - II	500	
19-8		"	"	
25-8	Luzerne fauchée. Traitement au parathion			
26-8		I - II	500	
2-9		"	"	
Dates	Façons culturales	Parcelles	Doses m³/ha	Prélèv. d'échant
9-9		I - II	500	
16-9		"	"	
22-9	Luzerne fauchée			
23-9		I - II	500	
30-9		"	"	
7-10		"	"	
14-10		"	"	
21-10		"	"	
28-10		"	"	
4-11		"	"	
10-11				x
11-11		I - II av.	500	
17-11		I	"	
25-11		I - II av.	"	
1-12				x
2-12		I	500	
9-12	Luzerne fauchée. Traitement au parathion	I - II av.	"	
16-12		I	500	
22-12				x
23-12		I - II av.	500	
30-12		I	"	
1961				
6-1		I - II av.	500	
20-1		I	"	
27-1		I - II av.	"	
3-2		I	"	
9-2				x
10-2		I - II av.	500	

Tableau n° II .- Calendrier de
l'expérimentation

25

20

15

10

5

Eau apportée
 m^3/ha

22.000

20.000

18.000

16.000

14.000

12.000

10.000

8.000

6.000

4.000

2.000

Févr.

Mars

Avril

Mai

Juin

Juill.

Août

Sept.

Oct.

Nov.

Déc.

Janv.

1960

1961

Parcelle I

Parcelle II
avantParcelle II
après

Fig. n° 2 .- Dates et doses d'irrigation

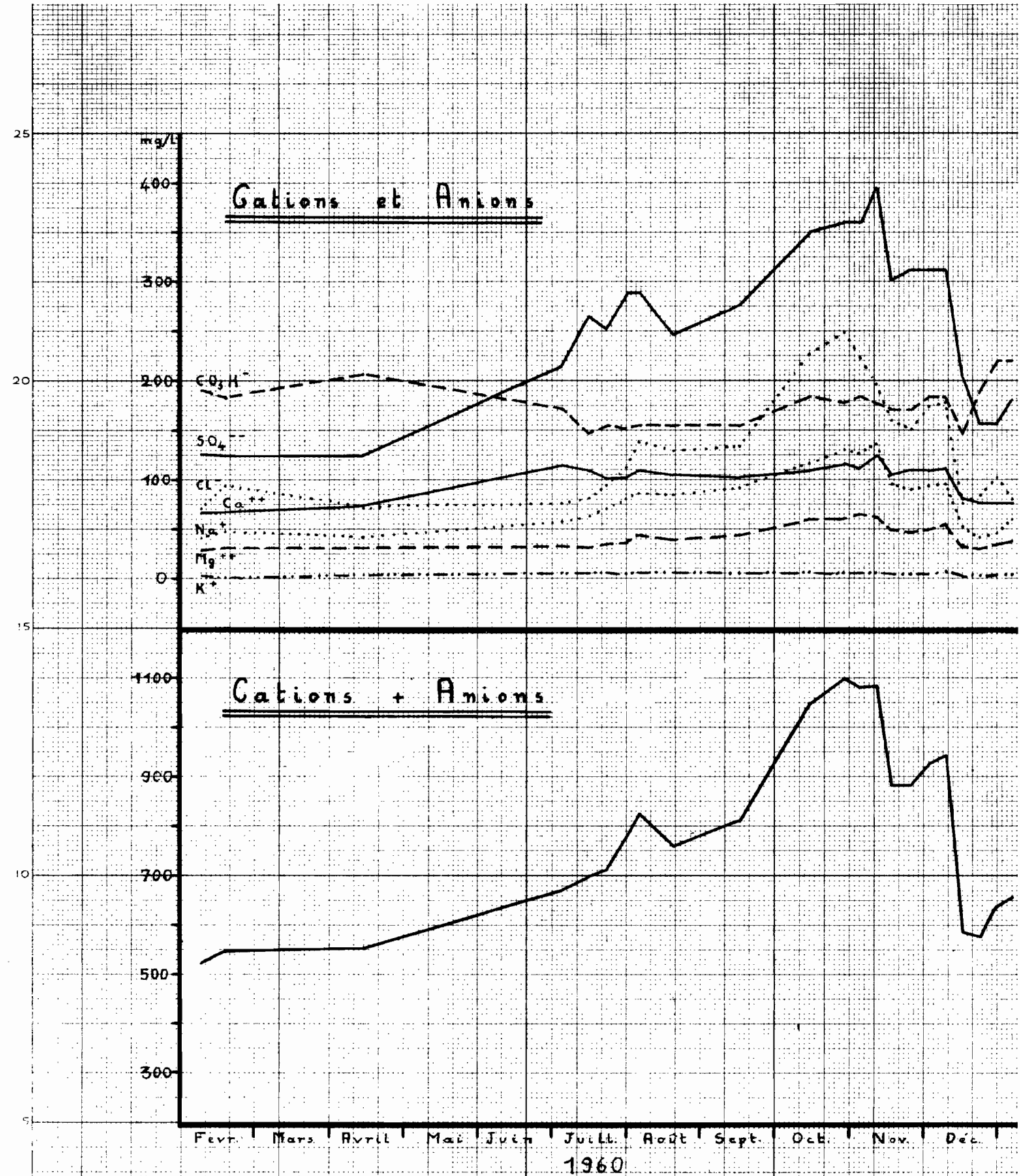


Fig. n° 3 .- Evolution de la saturation de l'eau de la Maulouya en mg./litre

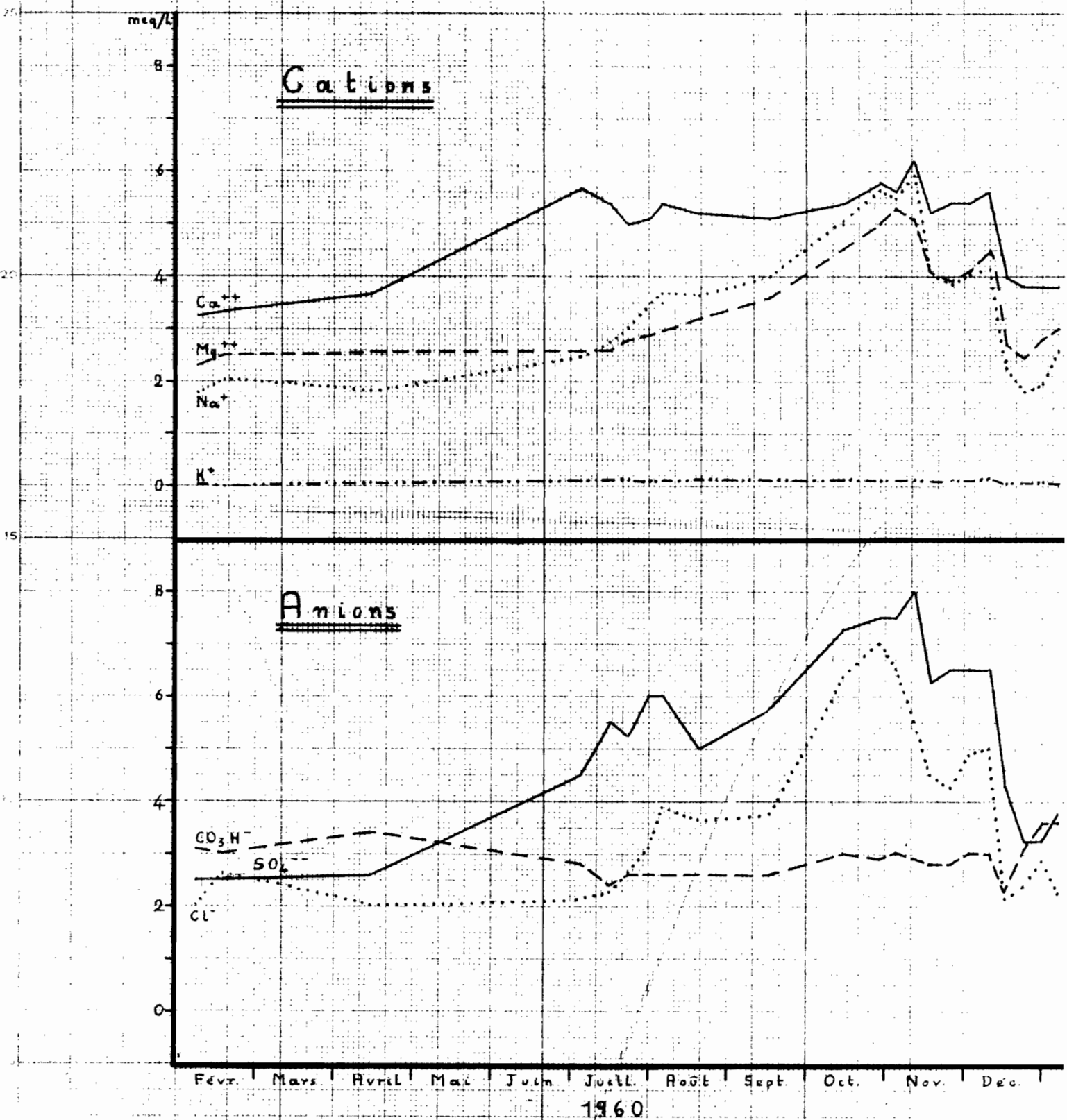


Fig. n° 4 .-

Evolution de la salure de
l'eau de la Moulouya en meq./litre

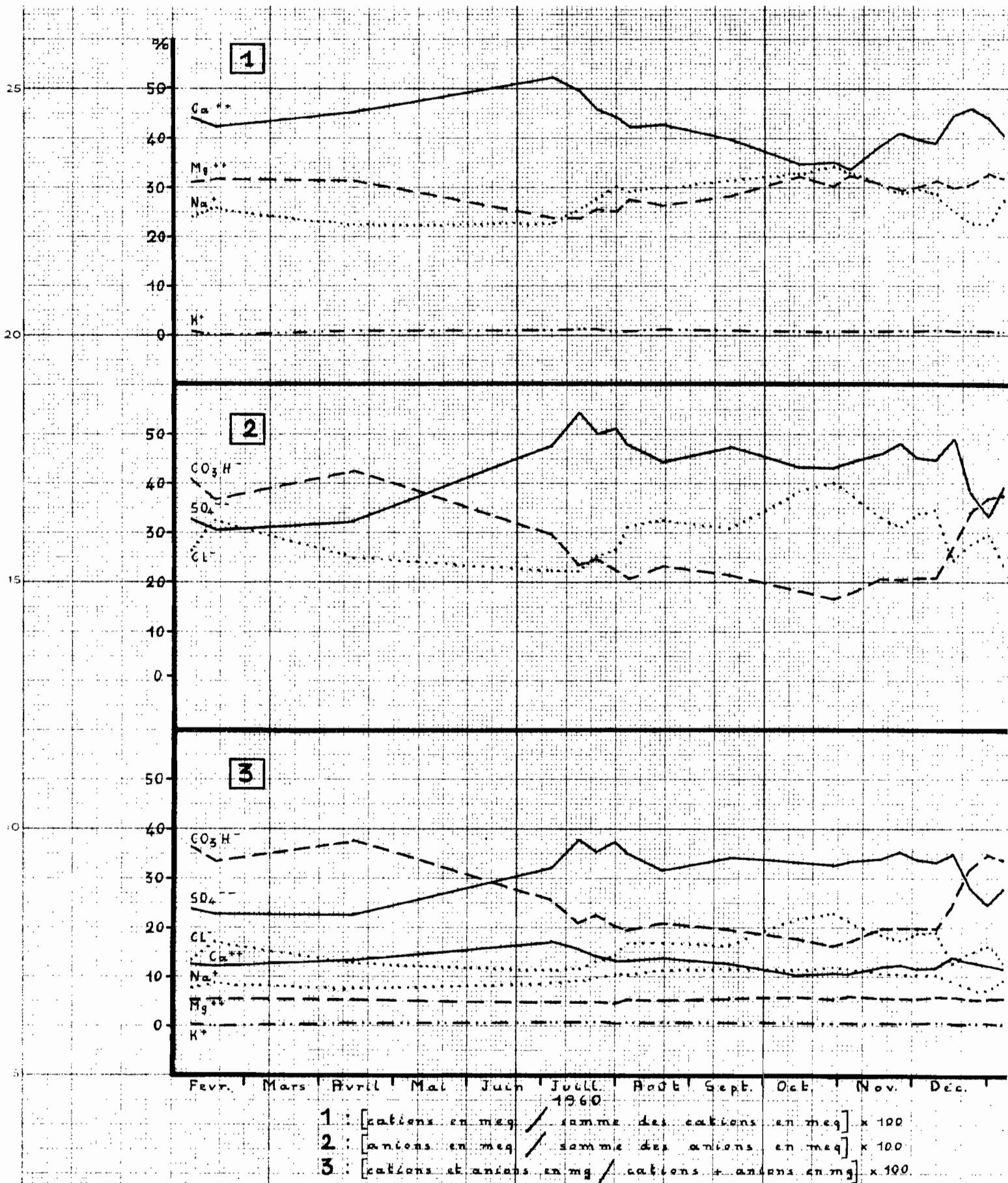


Fig. n° 5 .— Evolution, en pourcentage, de la salure de l'eau de la Moulouye

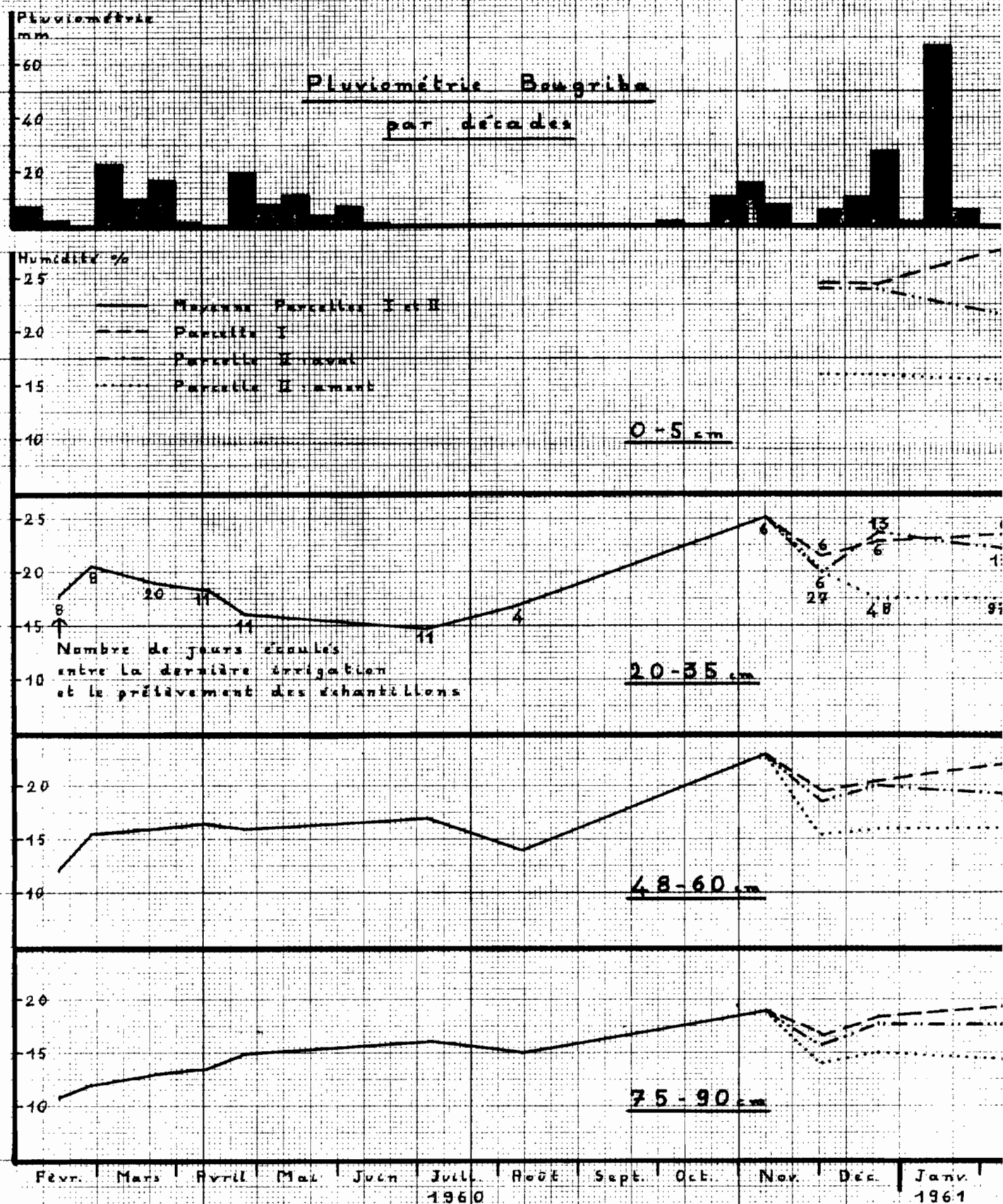


Fig. n° 6 .- Evolution de l'humidité à différentes profondeurs

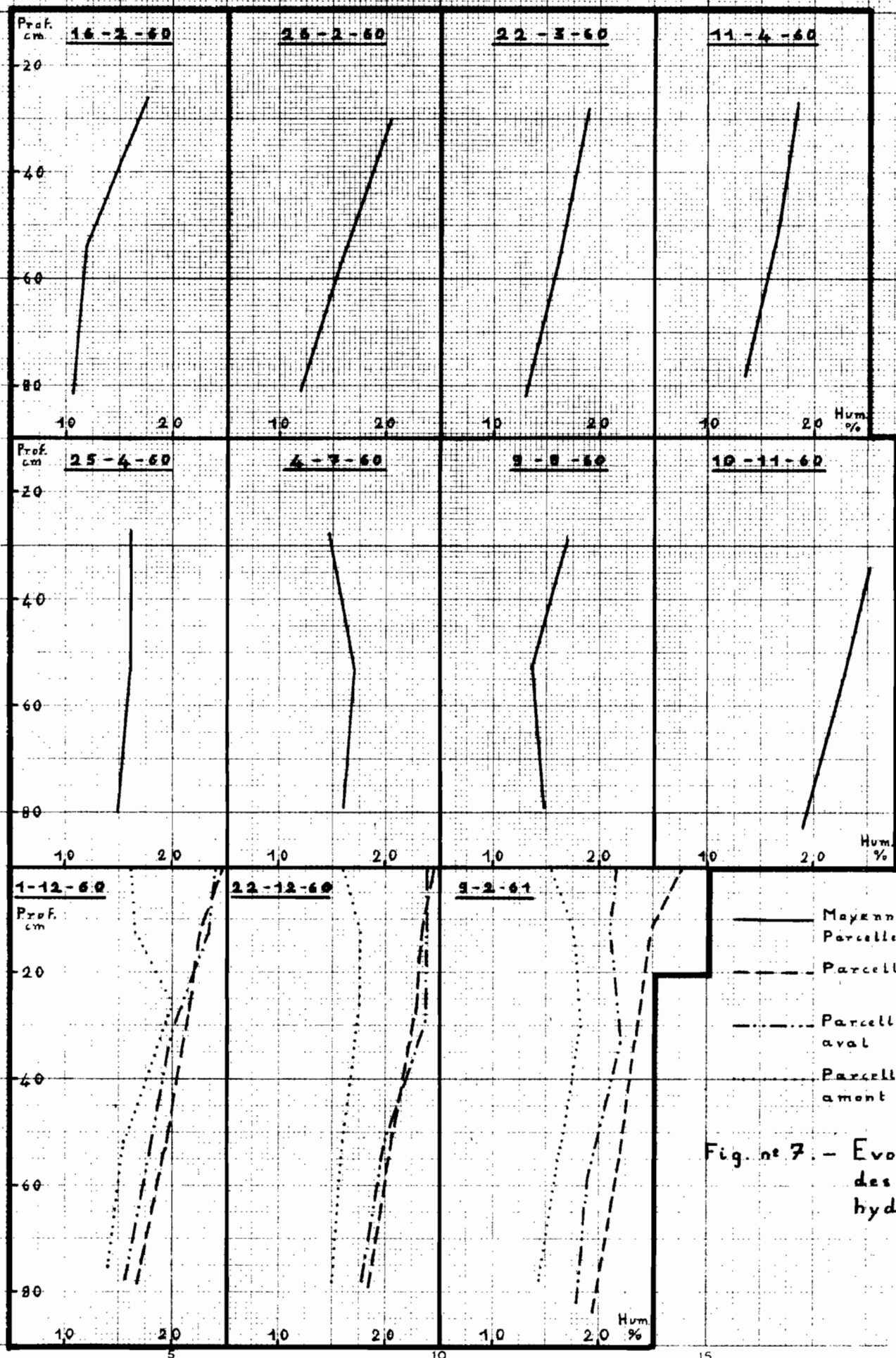


Fig. n° 7. - Evolution des profils hydrique:

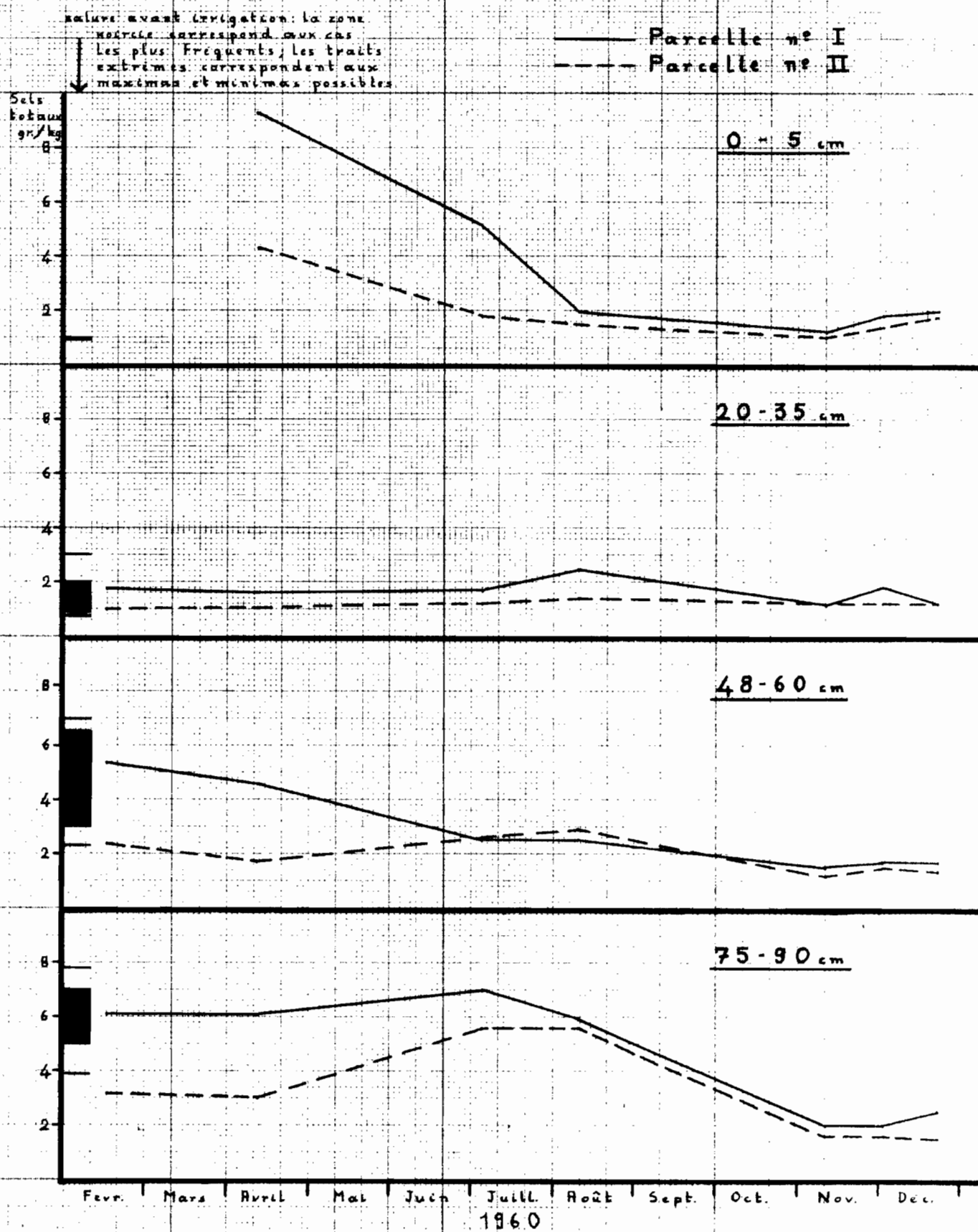


Fig. n° 8 - Evolution de la salure de l'extrait aqueux à différentes profondeurs.

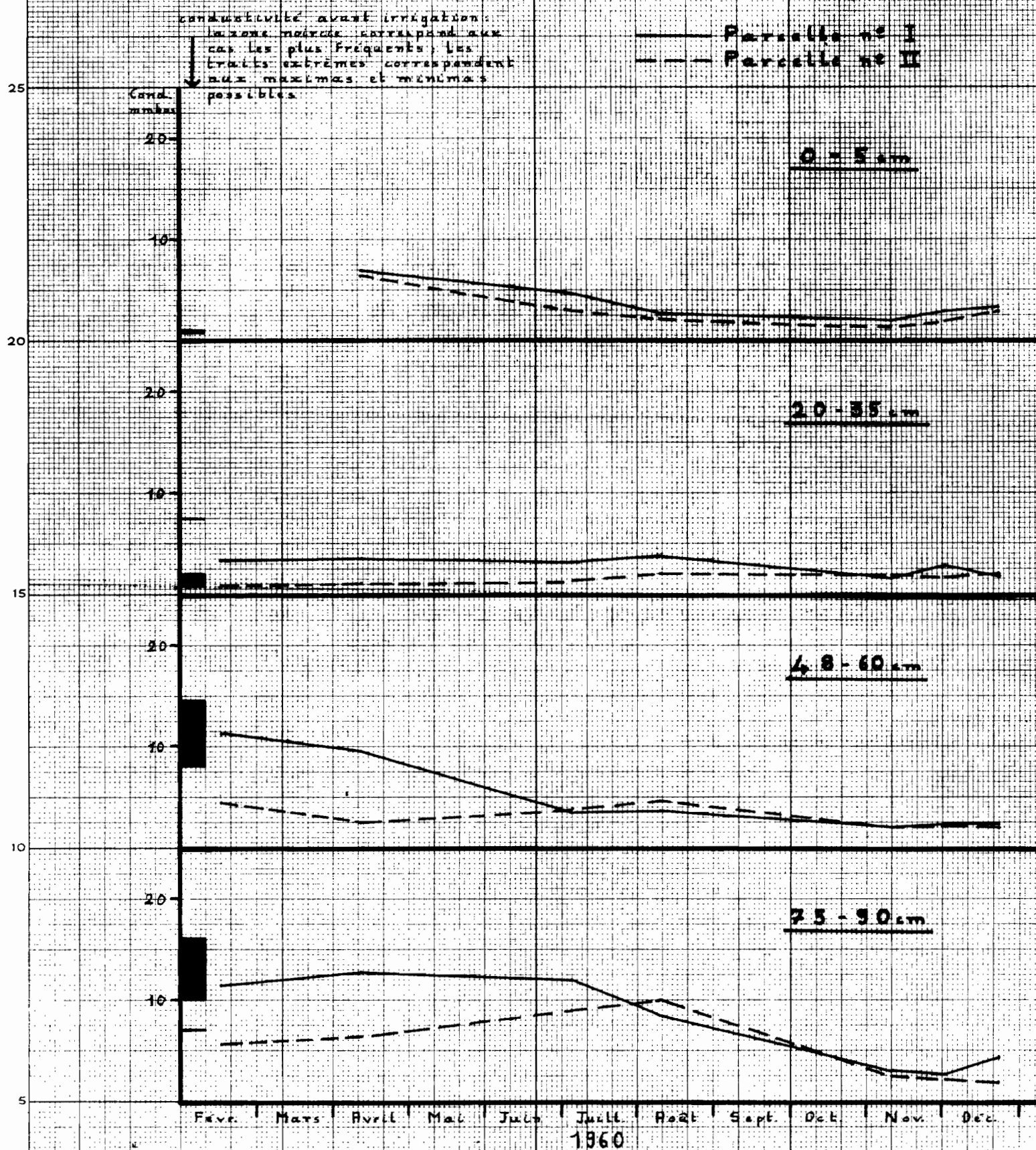


Fig. n° 9 - Évolution de la conductivité de l'extrait saturé à différentes profondeurs

pH avant irrigation: la zone noire correspond aux cas les plus fréquents; les traits extrêmes correspondent aux maximums et minimums possibles

Parcelle n° I

Parcelle n° II

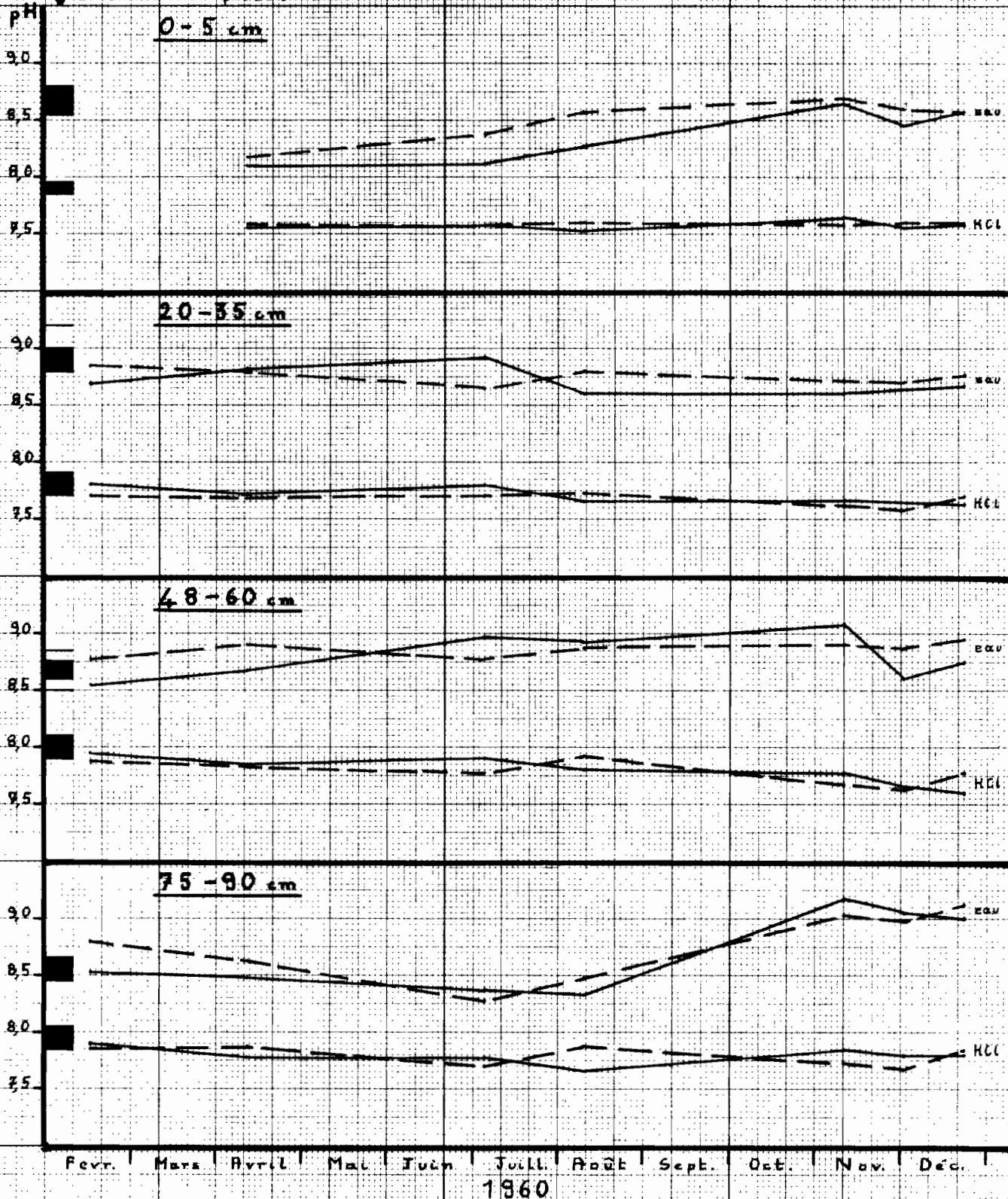


Fig. n° 10 .- Evolution des pH eau et KCl à différentes profondeurs